

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-315599

(P2003-315599A)

(43) 公開日 平成15年11月6日 (2003.11.6)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マ-ト* (参考)

G 0 2 B 6/255

G 0 2 B 6/40

2 H 0 3 6

6/40

6/24

3 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2002-119553(P2002-119553)

(22) 出願日 平成14年4月22日 (2002.4.22)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 山田 英一郎

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 斎藤 和人

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

(74) 代理人 100096208

弁理士 石井 康夫 (外1名)

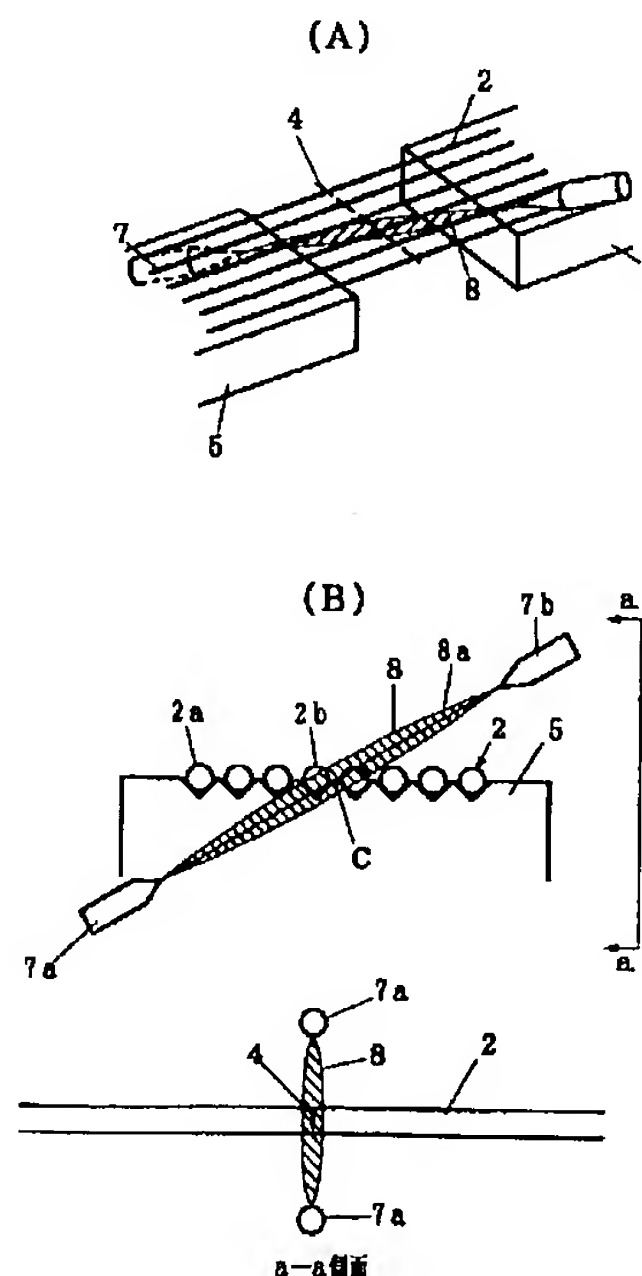
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多心光ファイバの放電加熱方法および加熱装置

(57) 【要約】

【課題】 多心光ファイバの一括融着接続のための放電加熱と T E C 処理の追加放電加熱で、多心の全光ファイバに均一に熱エネルギーを加えることが可能な多心光ファイバの放電加熱方法および放電加熱装置を提供する。

【解決手段】 端部被覆を除去した複数本の光ファイバ2を、V溝基板5で平面状に一行に配列して接続端を突き合わせ、光ファイバ2の配列方向にアーク放電による熱エネルギーを与えて一括融着接続または一括追加加熱処理する多心光ファイバの放電加熱方法であって、アーク放電路中心8aが多心光ファイバの配列方向中心Cを斜めに交差するように放電電極7を配置する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 端部被覆を除去した複数本の光ファイバを、V溝基板で平面状に一行に配列して接続端を突き合わせ、前記光ファイバの配列方向にアーク放電による熱エネルギーを与えて一括融着接続または一括追加加熱処理する多心光ファイバの放電加熱方法であって、アーク放電回路中心が前記多心光ファイバの配列方向中心を斜めに交差するように放電電極を配置することを特徴とする多心光ファイバの放電加熱方法。

【請求項2】 前記多心光ファイバの配列方向中心から一方の側に配列された光ファイバが、同じ側に配置された前記放電電極からの視野の影に入らないように、前記放電電極を配置することを特徴とする請求項1に記載の多心光ファイバの放電加熱方法。

【請求項3】 一行に配列された前記光ファイバの最外側光ファイバと前記アーク放電回路中心との最短距離が0.8mm以下になるように前記放電電極を配置することを特徴とする請求項1または2に記載の多心光ファイバの放電加熱方法。

【請求項4】 一括融着接続される前記多心光ファイバは、モードフィールド径が互いに異なる光ファイバであり、アーク放電により一括融着接続した後、引続いて融着接続部およびその近傍を追加加熱し、前記モードフィールド径を互いに一致させることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の多心光ファイバの放電加熱方法。

【請求項5】 アーク放電回路を前記多心光ファイバの長手方向に相対移動させることを特徴とする請求項4に記載の多心光ファイバの放電加熱方法。

【請求項6】 前記放電電極を複数組配置して、交互に放電させることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の多心光ファイバの放電加熱方法。

【請求項7】 端部被覆を除去した複数本の光ファイバを、V溝基板で平面状に一行に配列して接続端を突き合わせ、前記光ファイバの配列方向にアーク放電による熱エネルギーを与えて一括融着接続または一括追加加熱処理する多心光ファイバの放電加熱装置であって、アーク放電回路中心が前記多心光ファイバの配列方向中心を斜めに交差するように放電電極を配置したことを特徴とする多心光ファイバの放電加熱装置。

【請求項8】 一括融着接続される前記光ファイバは、モードフィールド径が互いに異なる光ファイバであり、アーク放電により一括融着接続した後、引続いてアーク放電回路を前記光ファイバの長手方向に相対移動させて融着接続部およびその近傍を追加加熱して、前記モードフィールド径を互いに一致させる手段を備えていることを特徴とする請求項7に記載の多心光ファイバの放電加熱装置。

【請求項9】 前記放電電極を複数組配置して、交互に放電させることを特徴とする請求項7または8に記載の

多心光ファイバの放電加熱装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数本の光ファイバを一行に配列してアーク放電により一括融着接続または追加加熱処理する多心光ファイバの放電加熱方法および放電加熱装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、光ファイバテープ心線のような多心のテープ状光ファイバを接続する場合、複数本の光ファイバを一括して融着接続することが行なわれている。この一括融着接続には、通常、1対の放電電極間で生じるアーク放電による熱エネルギーで双方の光ファイバの接続端を同時に溶融し、突き合わせ接続する方法が用いられている。さらに、近年は、波長多重伝送用光ファイバやラマン増幅用光ファイバ等の高機能光ファイバを、通常のシングルモード光ファイバと組み合わせたハイブリッド光ファイバの開発が進められている。この光ファイバの開発では、光ファイバ自身の特性向上のみならず光ファイバ同士の接続技術が重要な要素となっている。

【0003】図6は、この放電による一括融着接続方法の概要を示し、図6(A)は斜視図、図6(B)は放電状態を示す部分図、図6(C)各光ファイバに加えられる熱エネルギー量の状態を示す。図中、1は多心光ファイバテープ心線、2は光ファイバ、4は融着接続部、5はV溝基板、6は押え部材、7は放電電極、8はアーク放電回路を示す。融着接続に際して、まず、双方の光ファイバテープ心線1の先端部分の被覆を除去して、ガラスの光ファイバ2を露出させる。露出された複数本の光ファイバ2は、V溝基板5と押え部材6で位置決めされ、双方の接続端面を所定の間隔で対抗するように調整される。この後、複数本の光ファイバ2の配列面に対して、平行にオフセット配置した1対の放電電極7間に、アーク放電回路8を生じさせて光ファイバ2の接続端を溶融し、双方もしくは片方の光ファイバ2を相手方に押し込むことにより一括融着接続される。

【0004】しかしながら、図6(B)に示すように複数本の光ファイバ2が、同一平面に一行に配列されていると、放電電極7に近いほど放電エネルギーが高く、中央側は低いことから、外側に配列される光ファイバ2aと内側に配列される光ファイバ2bとでは、受ける熱エネルギーに差が生じる。また、外側光ファイバ(図の3番心)が内側光ファイバ(図の4番心)を遮ることによっても、受ける熱エネルギーに差が生じる。図6(C)は、複数本の光ファイバ2に加えられた熱エネルギーの分布を示すもので、外側光ファイバ2aに加えられた熱エネルギーは、内側光ファイバ2bに加えられた熱エネルギーより多い。このため、融着接続状態にムラが生じる。

【0005】また、モードフィールド径が異なる高機能

光ファイバと、通常のシングルモード光ファイバとの接続では、アーク放電による融着接続のみでは実用的な接続損失が得るのが難しい。このため、融着接続部4およびその近傍を追加加熱処理して、接続部のモードフィールド径を一致させるようにコア径をテーパ状に拡大して滑らかな形状にする方法（Thermally-diffused Expanded Core、以下、TECという）等が知られている（例えば、特許2618500号公報参照）。

【0006】図7は、上述の融着接続後に追加加熱処理を行なう一例を示す図である。図7（A）は、モードフィールド径の異なる光ファイバを融着接続のため対抗配置させた状態を示す図、図7（B）はアーク放電で融着接続させた状態を示す図、図7（C）は追加の加熱でTEC処理を行なった状態を示す図である。図中、3a、3bはコア部を示し、他の符号は図6に用いた符号と同じものを用い詳細説明を省略する。

【0007】互いに融着接続する光ファイバ2は、クラッド部の外径は同じであるが、コア部3aと3bのモードフィールド径および屈折率差が異なる。光ファイバ2同士は図7（A）に示すように接続端面を対向配置させた後、図7（B）に示すようにアーク放電により接続端を溶融して融着させる。単に融着接続しただけでは、モードフィールド径の違いにより、接続が不連続または不一致となり接続損失が大きくなる。

【0008】これを改善するために、図7（C）に示すように、融着接続部4およびその近傍をアーク放電等で追加加熱してTEC処理する。この追加加熱は、光ファイバ2自身は溶融しないが、コア部3a、3bに添加されている屈折率を上げるドーパントがクラッド部に拡散する温度と時間で行なわれる。この追加加熱により、モードフィールド径が小さく屈折率差の大きい光ファイバのコア部3bのモードフィールド径がテーパ状に拡大されて、他方の光ファイバのコア部3aとの不連続または不一致状態を小さくし、接続損失を低減する。このような異種光ファイバ間で融着接続を行なう場合は、上述したTEC処理を行なうことで、モードフィールド径の小さい光ファイバのモードフィールド径を、他方の光ファイバのモードフィールド径に徐々に近づけ、接続損失を低減できることが明らかになっている。また、このような加熱によるTEC処理は、同種の光ファイバ同士の接続でも、融着接続部分のモードフィールド径を拡大して偏心等による接続損失を低減することに有効であることが知られている。

【0009】しかしながら、図6で説明した形態による放電加熱方法は、外側光ファイバ2aに加えられた熱エネルギーは、内側光ファイバ2bに加えられた熱エネルギーより強いいため、融着状態にムラが生じる。この融着加熱時にTECもある程度進行する。さらにTEC処理の追加加熱を、融着接続と同様な形態で行なうと、内側光ファイバ2bのTEC処理の進みが遅く、完了する頃

には外側光ファイバ2aには過剰な熱エネルギーが加えられて、かえって接続損失が増えるという事態になる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上述した事情に鑑みてなされたもので、多心光ファイバの一括融着接続のための放電加熱とTEC処理の追加放電加熱で、多心の全光ファイバに均一に熱エネルギーを加えることが可能な多心光ファイバの放電加熱方法および放電加熱装置の提供を課題とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明による多心光ファイバの放電加熱方法は、端部被覆を除去した複数本の光ファイバを、V溝基板で平面状に一系列に配列して接続端を突き合わせ、光ファイバの配列方向にアーク放電による熱エネルギーを与えて一括融着接続または一括追加加熱処理する多心光ファイバの放電加熱方法であって、アーク放電路中心が多心光ファイバの配列方向中心を斜めに交差するように放電電極を配置することを特徴とする。

【0012】また、本発明による多心光ファイバの放電加熱装置は、端部被覆を除去した複数本の光ファイバを、V溝基板で平面状に一系列に配列して接続端を突き合わせ、光ファイバの配列方向にアーク放電による熱エネルギーを与えて一括融着接続または追加加熱処理する多心光ファイバの放電加熱装置であって、アーク放電路中心が前記多心光ファイバの配列方向中心を斜めに交差するように放電電極を配置したことを特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】図1～図3により、本発明の実施の形態を説明する。図1は多心光ファイバの接続部をアーク放電で加熱する状態を示す図、図2はアーク放電路と光ファイバの位置関係を示す図、図3は光ファイバに加えられる熱エネルギー量を示す図である。図中、8aは放電路中心、Cは光ファイバ配列中心、Dは放電路と光ファイバ間の最短距離、Pは光ファイバの配列ピッチ、Lは放電電極間距離、Vは放電電極からの視野、 $\theta 1$ は最小角度、 $\theta 2$ は最大角度を示し、その他の符号は、図6で使用したのと同じ符号を用いることにより説明を省略する。

【0014】図1（A）において、多心光ファイバを融着接続する場合、まず、双方の光ファイバの先端部分の被覆を除去して、ガラスの光ファイバ2を露出させる。露出された複数本の光ファイバ2は、V溝基板5と押え部材（図示せず）で位置決めされ、双方の接続端面が所定の間隔で向き合うように調整される。この後、一对の放電電極7間にアーク放電路8を生じさせて、光ファイバの向き合う端面部分を加熱溶融して融着し、融着接続部4が形成される。

【0015】放電電極7は、図1（B）に示すように、光ファイバ2の配列方向にアーク放電路8が生じるよう

に多心光ファイバの両側に配置される。本発明では、さらに、放電電極の一方7aを光ファイバ配列面の一侧（例えば、下面側）に配置し、他方7bを光ファイバ配列面の反対の側（例えば、上面側）配置する。前記のように、一对の放電電極7a、7bを光ファイバの配列面の両側で下面側と上面側の位置に異ならせて配置することにより、アーク放電路8は、光ファイバ2の配列面に対して斜めに交差するように発生する。また、一对の放電電極7a、7bを対称位置に配置することで、アーク放電路8の放電路中心8aは、光ファイバの配列方向の中心Cを通る。

【0016】図2は、8心の多心光ファイバの例を示すもので、この場合、放電路中心8a（放電電極7間を結ぶ直線とする）は、中央側の4番心により影にならずに5番心をすり抜けるように交差角度を設定されるのが好ましい。このときの、光ファイバの配列面に対する斜めに交差する最小角度 $\theta 1$ とする。交差角度を $\theta 1$ 以上とすることにより、多心光ファイバの配列方向中心Cから一方の側に配列された光ファイバ（図の左側の1番心〜4番心）が、同じ左側に配置された放電電極7aからの視野Vの影に入らないようにすることができる。

【0017】また、放電路中心8aと光ファイバとの最短距離Dは、経験的に0.8mm以下とするのが好ましい。すなわち、図6(B)で示した放電路中心を光ファイバの配列面に対して、平行にしたときのオフセット距離と同じ値とする。放電路中心8aとの距離は、一列に配列された光ファイバの内の最外側光ファイバ（1番心と8番心）との間が最も離れているので、この間の距離Dを上記の0.8mm以下になるように交差角度を設定する。このときの、光ファイバの配列面に対する斜めに交差する最大角度 $\theta 2$ とする。交差角度を $\theta 2$ 以下とすることにより、全光ファイバの放電路中心8aからの距離を所定値以下にすることができる。

【0018】上述の如く、アーク放電路8aが光ファイバの配列面に対して斜めに交差するように加熱することにより、アーク放電路8aと外側光ファイバ2aとの距離は大きく、内側光ファイバ2bとの距離は小さくなる。なお中央の光ファイバ（図2では4、5番心）とアーク放電路8aとの距離は、実質ゼロとなる。しかし、アーク放電路8aの放電エネルギーは、放電電極近くは高く、中央部で低いことから、外側光ファイバ2aと内側光ファイバ2bが受ける熱エネルギー量はバランスする。この結果、図3に示すように全光ファイバに対して、均一な熱エネルギー量を与えることができる。

【0019】具体例として、図2に示す8心の多心光ファイバの場合で、ガラスの光ファイバ2の外径が0.125mm、光ファイバの配列ピッチPを0.25mm、放電電極間距離Lを4.8mmとする。この場合、斜めに交差する最小角度 $\theta 1$ は 30° となる。また、放電路中心8aと光ファイバとの最短距離Dを0.8mmとす

ると、最大角度 $\theta 2$ は 66° となる。これらの最小角度 $\theta 1$ および最大角度 $\theta 2$ は、光ファイバの心数、光ファイバの配列ピッチPにより異なる。

【0020】図4は、他の実施の形態を示す図である。図中の符号は、図1と同じ符号を用いることにより説明を省略する。この実施の形態では、放電電極を2組用い、対称に位置する。各組の放電電極7は、アーク放電路8が光ファイバの配列面に対して斜めに交差するように配置することは、図1および図2の場合と同じである。2組の放電電極7は、互いに交互に切替えて放電を行ない、光ファイバの配列面の上面側と下面側の両面から加熱することにより、より均一に熱エネルギーを与えることができる。

【0021】上記の図1、2または図4の方法でアーク放電を発生させ、光ファイバ2の接続端を熔融し、双方もしくは片方の光ファイバ2を相手方に押込むことにより一括融着接続する。この放電加熱方法を用いることにより、内側光ファイバ2bと外側光ファイバ2aとは、ほぼ均一な熱エネルギーを受けて、均一に加熱熔融されて融着接続され、全光ファイバ間での接続損失のバラツキを少なくすることができる。

【0022】融着接続される多心光ファイバが互いにモードフィールド径が異なる場合、融着接続部を一括追加加熱してTEC処理を行ない、モードフィールド径の違いを整合させる必要がある。このTEC処理のための一括追加加熱は、上記した放電加熱方法を用いて行なうことができる。また、このTEC処理は、融着接続に引き続いて同じ放電電極7により、アーク放電を発生させて行なうこともできる。この場合のアーク放電による追加加熱は、光ファイバ2自身は熔融しないが、コア部に添加されている屈折率を上げるドーパント剤がクラッド部に拡散する温度と時間で行なわれる。

【0023】TEC処理の追加加熱は、図7で示したように、融着接続部のモードフィールド径の違いをテーパ状に拡大して整合させるため、融着接続部4およびその両側近傍も加熱する必要がある。このため、放電電極側または光ファイバ側を光ファイバの長手方向に移動機構（図示せず）により相対移動させる。なお、モードフィールド径が小さい側の光ファイバを多く加熱することにより、モードフィールド径の大きい光ファイバに一致させる。したがって、アーク放電路を主としてモードフィールド径が小さい側の光ファイバを加熱するような相対移動を行なうのが好ましい。上記の追加加熱は、斜めのアーク放電路8により、一列に配列された多心光ファイバの内外側光ファイバ2a、2bを、一括融着接続の場合と同様にほぼ均一に加熱することができる。

【0024】図5は、多心一括融着接続における融着部の温度分布（図の上方の分布）を示す図である。融着接続に必要な温度範囲は、光ファイバの種類によって異なるが、大体 1500°C 〜 1600°C 位が適切である。この

図は、横軸にV溝基板上に複数本の光ファイバを配列し、一方の端の光ファイバから他方の端の光ファイバに順に番号を付与し、縦軸に融着部における各光ファイバの温度をプロットしたものである。細線は従来（図6）の光ファイバの配列面に対して、アーク放電路が平行な状態で放電エネルギーを付与した場合の温度分布を示す。太線が、本発明による光ファイバの配列面に対して、アーク放電路が斜めに交差する状態で放電エネルギーを付与した場合の温度分布を示す。

【0025】この図5から明らかなように、光ファイバの配列面に対して、アーク放電路が平行な状態で放電エネルギーを付与した場合は、外側に位置する光ファイバ（1番および8番）の温度が高く、内側に位置する光ファイバ（4番および5番）の温度が低く温度差が大きい。これに対し、本発明のように光ファイバの配列面に対して、アーク放電路が斜めに交差する状態で放電エネルギーを付与した場合は、外側に位置する光ファイバ（1番および8番）と内側に位置する光ファイバ（4番および5番）との温度差が小さくすることができ、均一といえる範囲内に収めることができ、接続損失のバラツキを少なくすることができる。

【0026】また、本発明による放電加熱方法は、モードフィールド径の異なる光ファイバの接続にも適用することができる。このためのTEC処理を実施する場合、放電エネルギーは融着接続時よりは低い加熱温度で実施されるが、融着接続時と同様に、外側に配列する光ファイバ2aと内側に配列する光ファイバ2bとでは、受ける熱エネルギーに差が生じる。このため、内側光ファイバ2bと外側光ファイバ2aでは、TEC状態に差が生じ、内側光ファイバ2bのTEC処理が完了する頃には、外側光ファイバ2aには過剰なエネルギーのため損失が増加することとなる。したがって、上述した本発明の光ファイバの配列面に対して、アーク放電路が斜めに交差する状態で放電する方法を用いることにより、TEC実施時の放電加熱でも全光ファイバ2に加える熱エネルギーを均一にすることができる。

【0027】図5の下側にTEC処理時の温度分布を示す。TEC処理の温度範囲は、コア部のドーパントが拡散する温度から光ファイバが軟化する温度の範囲が適切で、光ファイバの種別によって異なるが、例えば、日本 40

電気製のサーモトレーサ「TH3104MR」による測定では、大体700℃～1000℃位の範囲が目安とされる。この図から明らかなように、融着接続の場合と同様に全光ファイバに均一な熱エネルギーが与えられ、良好なTEC処理を実施することができる。

【0028】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば、多心光ファイバの一括融着接続で、複数本の光ファイバ2に均一に熱エネルギーを加えることができる。この結果、全ての光ファイバ端面を溶融後、双方もしくは片方の全光ファイバを同時に押込んでも、伝送損失をバラツキの少な低減したものとすることができる。また、モードフィールド径が異なる多心光ファイバの融着接続で、融着接続のセット状態のままで、引続きTEC処理を行なうことができ、さらに、均一な熱エネルギーを加えることができる。この結果、TEC処理の作業性を向上させることができ、モードフィールド径の違いによる伝送損失のバラツキも少なくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態を説明する図である。

【図２】本発明による８心の光ファイバに対する放電加熱の例を示す図である。

【図3】本発明において、光ファイバに加えられる熱エネルギー量の関係の説明する図である。

【図4】本発明の他の実施の形態を説明する図である。

【図5】本発明による融着接続およびTEC時の温度分布を示す図である。

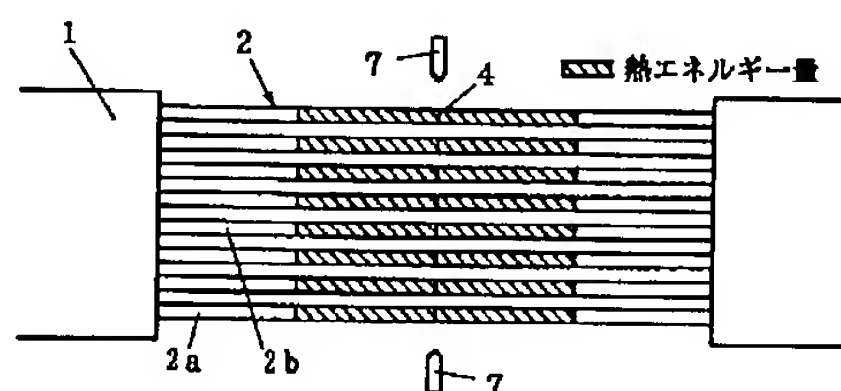
【図6】従来の多心光ファイバの一括融着接続を説明する図である。

30 【図7】一般的なTEC処理を説明する図である。

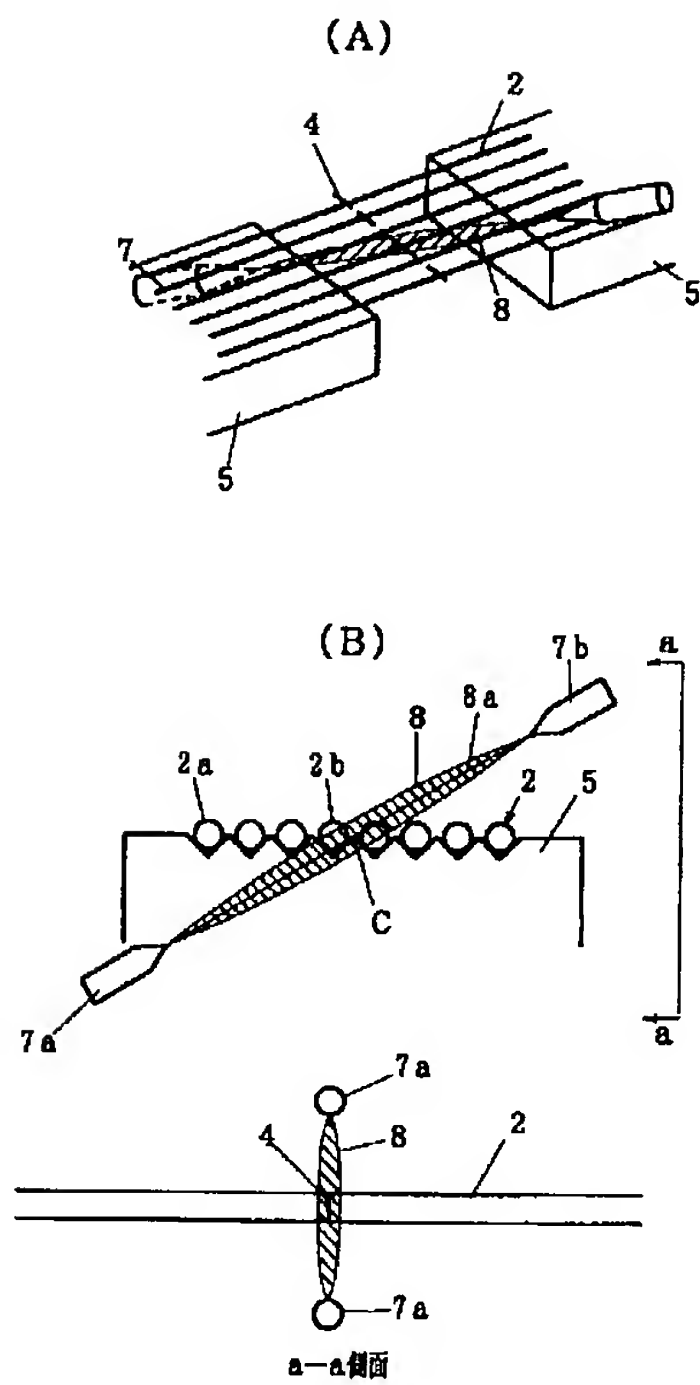
【符号の説明】

1…多心光ファイバテープ心線、2…光ファイバ、2 a…外側光ファイバ、2 b…内側光ファイバ、3 a, 3 b…コア部、4…融着接続部、5…V溝基板、6…押え部材、7, 7 a, 7 b…放電電極、8…アーク放電路、8 a…放電路中心、C…光ファイバ配列中心、D…放電路と光ファイバ間の最短距離、P…光ファイバの配列ピッチ、L…放電電極間距離、V…放電電極からの視野、 $\theta 1$ …最小角度、 $\theta 2$ …最大角度。

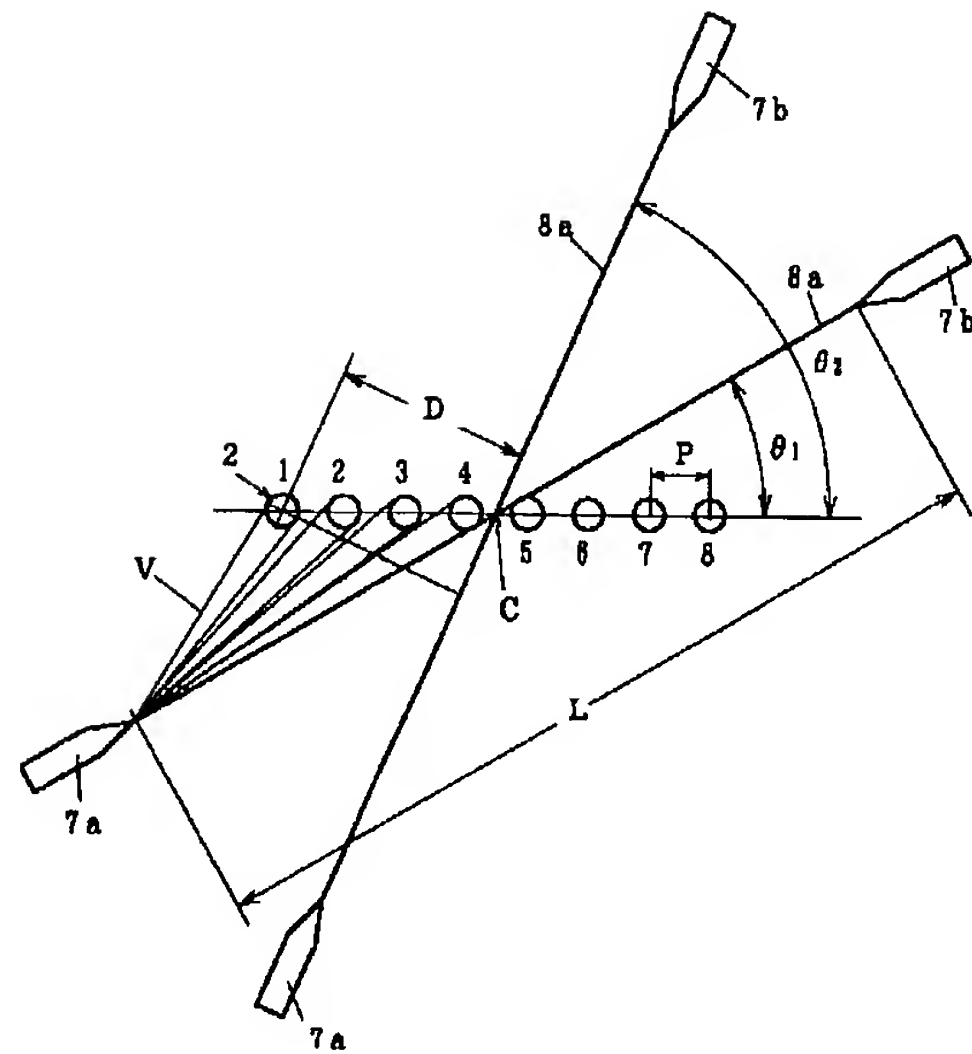
【図3】



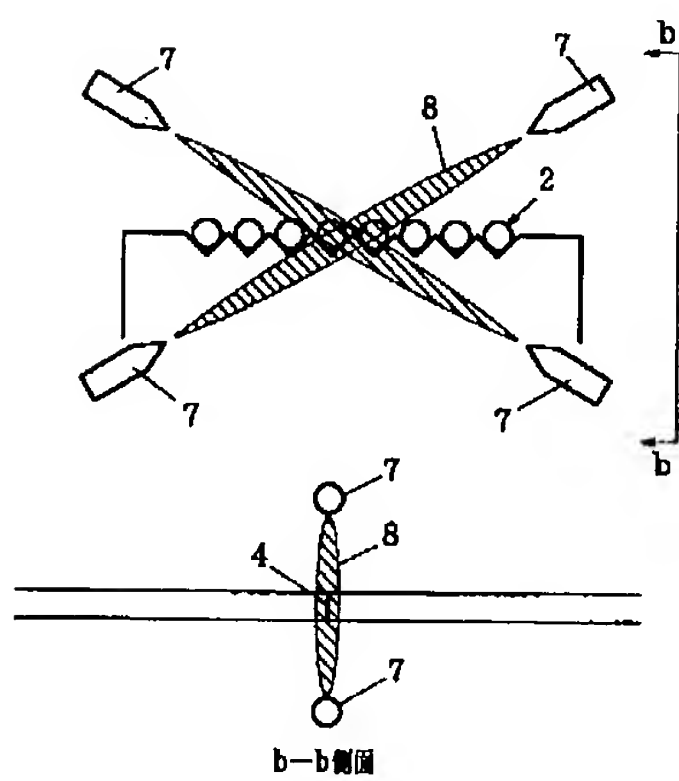
【図1】



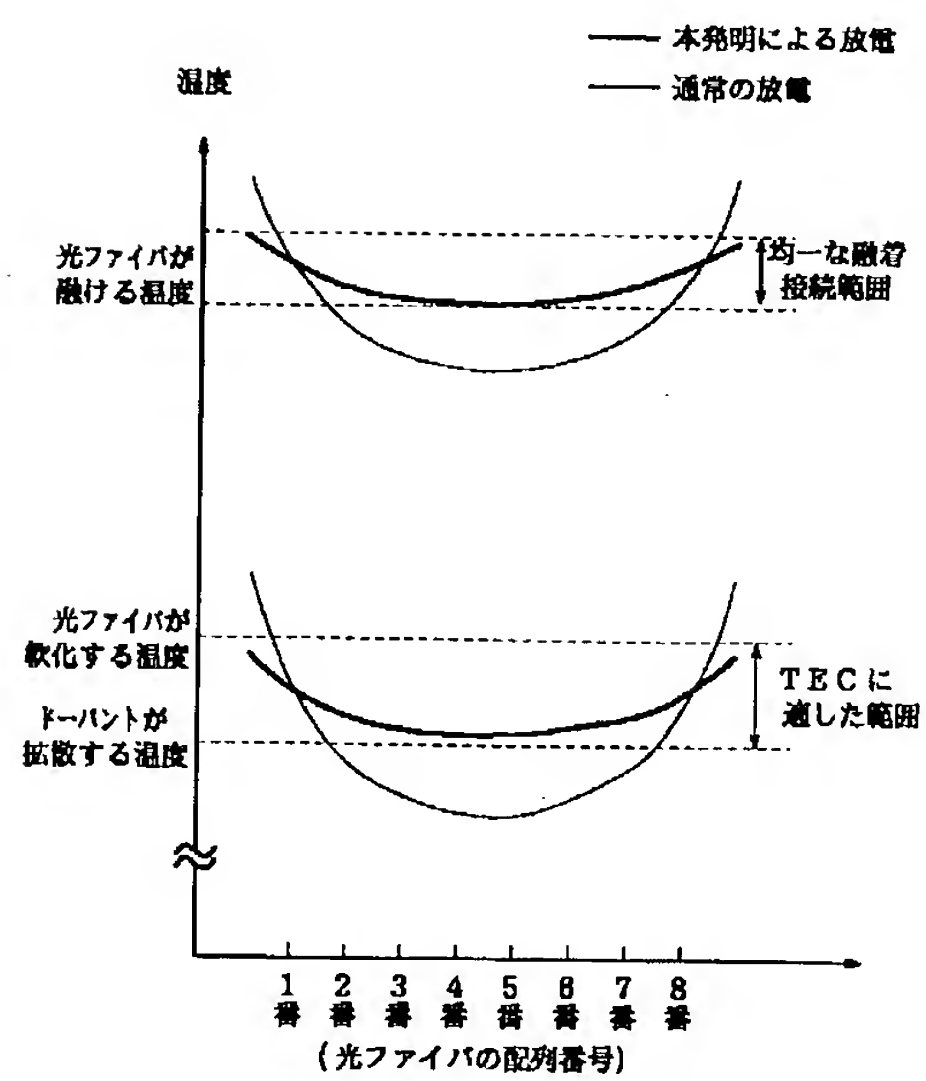
【図2】



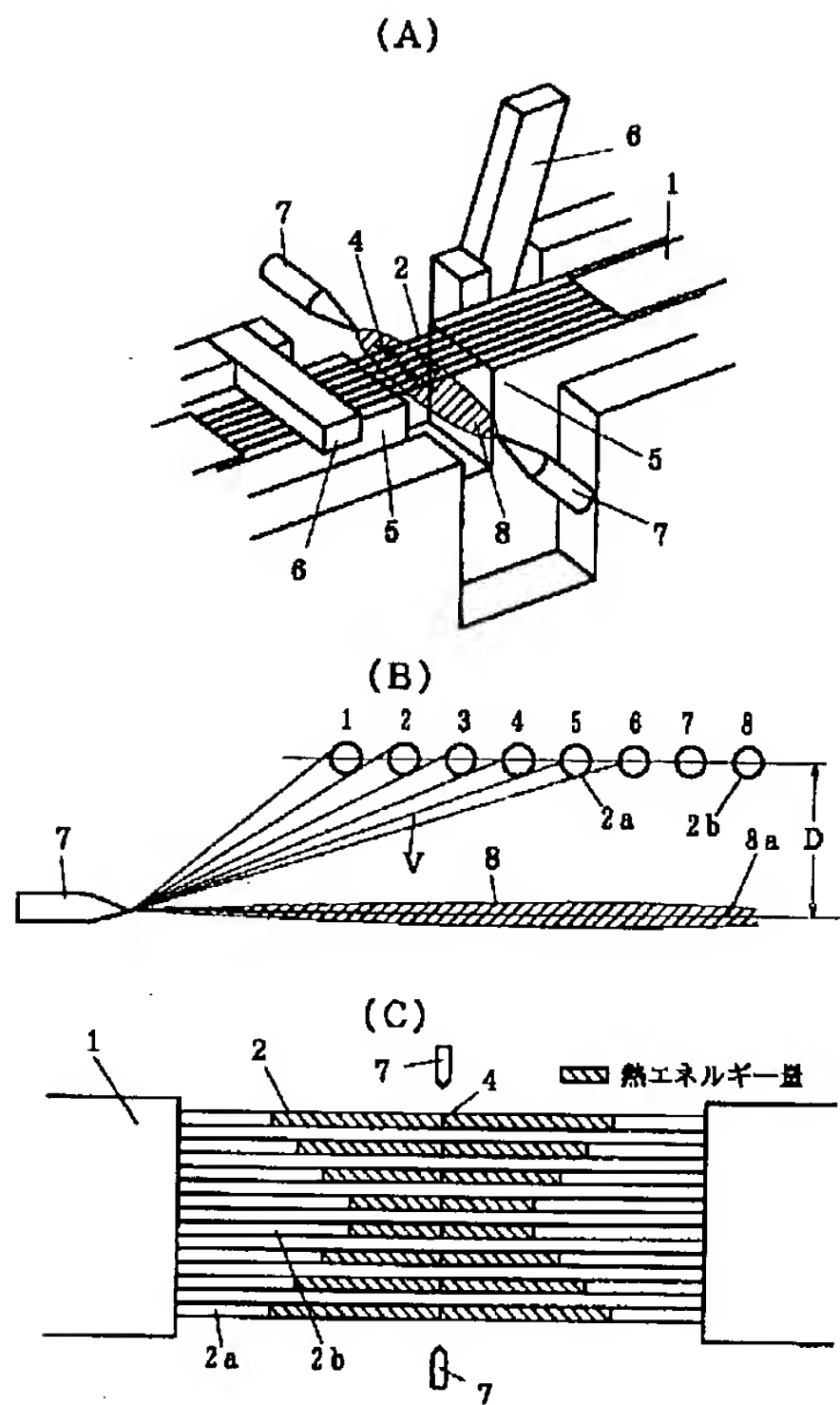
【図4】



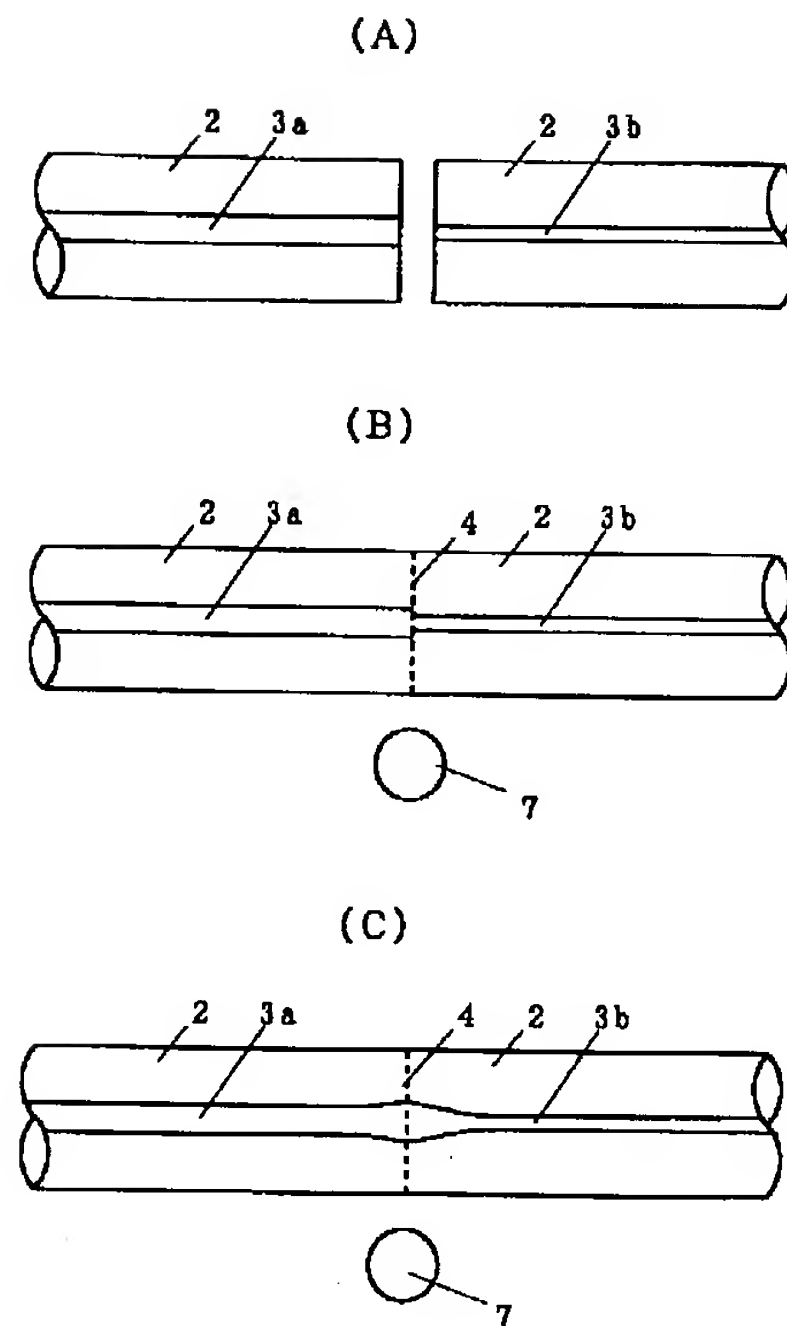
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 田村 充章
神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内

Fターム(参考) 2H036 JA02 LA03 MA12 MA17